

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA**

Potencial redox em sedimentos de viveiros de água doce e salgada:  
metodologia de determinação e comportamento

**Mauricio Lehmann**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Florianópolis – Santa Catarina  
Maio 2005

Lehmann, Mauricio

Potencial redox em sedimentos de viveiros de água doce e salgada: metodologia de determinação e comportamento.

36 páginas

Dissertação de Mestrado em Aqüicultura. Prof. Orientador: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

Bibliografia

1. Potencial redox
2. solos
3. *Ictalurus punctatus* (RAFINESKE, 1818)
4. *Litopenaeus vanamei* (FARFANTE e KENSLEY, 1997)

# **Potencial redox em viveiros de água doce e salgada: metodologia de determinação e comportamento**

Por

MAURICIO LEHMANN

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

## **MESTRE EM AQUICULTURA**

---

Profa. Débora Machado Fracalossi, Dra.  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

---

Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*

---

Dr. João Bosco Rozas Rodrigues

---

Dr. Walter Muedas Yauri

**DEDICO:**

**A Horst e  
Constância que  
tanta falta fazem,  
a minha esposa  
Anelise e meus  
filhos Luccas e  
Nicollas: razão e  
inspiração.**

## AGRADEÇO

### **“Ao Criador”**

Ao meu orientador, pelo apoio, paciência e pela confiança depositada.

A empresa Bernauer Aquacultura e seus colaboradores, nas pessoas do Sr Klaus Bernauer e Cláudio Tessarolo, pelo apoio técnico e pela cessão do equipamento de avaliação de redox.

A empresa Bluefish e seus colaboradores, na pessoa do Sr André Theis pela permissão de uso de suas instalações e total apoio no que foi necessário.

A equipe da Fazenda Experimental Yakult sempre atenciosos. A direção da fazenda, Dr Walter Quadros Seifert pelo seu incentivo.

A direção do Colégio Agrícola Senador Carlos Gomes de Oliveira pelo apoio na realização do trabalho.

Aos amigos Robert Lenocho, Jonas Cunha Espindola e Rodrigo Octavio de Macedo Gomes pelo apoio e incentivo.

## SUMÁRIO

Resumo .....	viii
Abstract.....	ix
Introdução.....	1
Manuscrito.....	3
Resumo.....	5
Introdução.....	6
Metodologia.....	9
Coleta de amostras.....	10
Análise das amostras.....	11
Análise estatística.....	11
Resultados .....	12
Discussão.....	13
Conclusões.....	15
Agradecimentos.....	15
Referências bibliográficas.....	16
Figuras.....	18
Tabelas .....	22
Referências Bibliográficas da Introdução.....	23
Normas para redação do artigo “Aquacultural Engineering” .....	25

## Resumo

Pouco se conhece a respeito do comportamento do potencial redox em viveiros de cultivo e de sua relação com a produção. O uso deste recurso pode ser útil no manejo de viveiros para evitar a produção de substâncias potencialmente tóxicas. A dificuldade de se obter uma amostra que permita uma leitura do valor de redox dentro do horizonte desejado é um obstáculo a aquisição destes conhecimentos. Este trabalho propõe uma metodologia que utiliza um coletor de amostras voltado para as necessidades deste tipo de trabalho. O equipamento foi elaborado com materiais disponíveis, de fácil construção e passível de ser operado por uma única pessoa. O método permite a visualização da amostra para a introdução do eletrodo no horizonte desejado. O trabalho foi realizado em duas propriedades no estado de Santa Catarina sendo uma de cultivo de catfish e outra de camarões marinhos. Observou-se o comportamento do potencial redox por um período de 50 dias dentro de um ciclo de produção onde os viveiros foram amostrados em doze regiões. Verificou-se que o comportamento nos dois viveiros foi diferente e que o manejo diferenciado pode ter influencia sobre o comportamento dos valores de redox. Os valores de redox no viveiro de catfish comportaram-se de maneira estável porem, negativa. Já no viveiro de camarões houve uma forte baixa nos valores tendendo a estabilização após o 20 dia de observação.

## Abstrat

Little we know concerning about of the behavior of the potential redox in cultivation ponds and of your relation with the production. The use of this resource can be useful for ponds handling to avoid production of reduced species and potentially toxic. The difficulty to obtain a sample that allows a reading of redox value inside the wished horizon is an obstacle the acquisition of these knowledges. This work proposes a methodology that uses a samples collector geared to the needs of this working type. The equipment was elaborated with available materials, of easy construction and can be operated by a unique person. The method allows the visualization of the sample for the introduction of the electrode in the wished horizon. The work was accomplished in two properties in Santa Catarina's State being one of catfish cultivation and another of marine shrimps. The behavior of the potential redox was observed for a period 50 day inside a production cycle where the pond were divided in twelve regions. The work verified that the behavior in the two ponds was different and that the differentiated handling can have influences about the behavior of redox values. Redox values in catfish pond remained stable and negative. Already in the shrimps pond there was a strong drops in the values tending to stabilization after the 20 observation day.



## INTRODUÇÃO:

Segundo dados publicados pela FAO (2004), no ano de 2002 foram produzidas 133,0 milhões de toneladas de pescados, destas 41,9 milhões oriundas da aquicultura. A aquicultura mundial teve crescimento médio de 9,2% / ano desde 1970, enquanto que a pesca (captura) apresentou taxa de incremento de apenas 1,4%. De 1990 a 2001, o grupo que apresentou a maior taxa de variação relativa de incremento foi o de moluscos (212,1%), seguido pelos peixes (181,8%), plantas aquáticas (181,5%) e crustáceos (161,7%). Em relação às receitas geradas, os moluscos apresentaram taxa de incremento de 170,5%, seguido pelos crustáceos com 153,1%, peixes com 110,8% e plantas aquáticas com 96,3% (BORGHETTI et al., 2003).

Uma produção eficiente e profícua de qualquer espécie aquática depende da qualidade do meio em que ele se reproduz e cresce. Os produtores, no intuito de promover um maior crescimento de seus animais introduzem esterco, adubo e alimento ao viveiro que muitas vezes, ultrapassa a capacidade de assimilação de seus ecossistemas (BOYD e TUCKER, 1998).

A qualidade de água inclui variáveis químicas, físicas e biológicas (BOYD, 1990; GARCIA e BRUNE, 1991). As interações entre estes fatores vão promover modificações no ambiente aquático que conseqüentemente poderão afetar o animal que ali vive. Boyd (2001) afirma que os índices de produtividade de viveiros de aquicultura estão diretamente ligados à qualidade da água.

O fundo do viveiro de aquicultura apresenta uma camada que se forma após o início de seu uso. Este material pode ser visto como o precipitado a partir da coluna de água, assim como uma fonte de substâncias dissolvidas, que apresentam um equilíbrio com as substâncias presentes na água (BOYD, 1995). O material acumulado no fundo pode atuar no viveiro como fonte de alimento ou ainda como “buffer” (CHIEN, 1989).

Assim como a coluna de água do viveiro apresenta uma flora e uma fauna o sedimento não é diferente. A camada mais superficial do sedimento abriga uma concentração de nutrientes por centímetro dez ou mais vezes, superior a um metro de coluna de água (Avnimelech e Ritvo, 2003). Esta situação é propícia para um grande crescimento bacteriano (Abraham et al., 2004). É nesta camada

superficial do sedimento, que se concentram as reações de oxido redução para a degradação da matéria orgânica. As bactérias ali presentes se utilizam destas reações para aproveitar os componentes da matéria orgânica depositada com ou sem consumo de oxigênio.

No início da aquicultura fatores ligados à qualidade de água não eram relevados. Com a profissionalização da atividade os fatores ligados à qualidade da água cresceram em importância. O fundo do viveiro agora pode ser visto como outra etapa importante na produção e produtividade. O controle de valores de redox pode se tornar um instrumento útil para a qualidade de vida dos animais assim como um indicador do estado da matéria orgânica.

A degradação da matéria orgânica por bactérias presentes no sedimento, pode originar produtos tóxicos a partir de reações anaeróbicas que geram condições de estresse em camarões que por sua vez podem reduzir sua vitalidade levando a perda de resistência a doenças (Chien, 1989;. Ritvo et al. 1998; Lemonnier et al., 2004).

O presente trabalho busca uma metodologia para o estabelecimento do potencial redox em viveiros assim como seu perfil. Avnemelech et al. (2004) sugere o uso do potencial redox para o controle do valores muito baixos.

**MANUSCRITO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA**

Potencial redox em sedimentos de viveiros de água doce e salgada: metodologia de determinação e comportamento.

**Mauricio Lehmann<sup>1</sup> e Luis Vinatea Arana<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> Laboratório de Camarões Marinhos , Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, 88062-601, Florianópolis, SC, Brasil.

Palavras Chave: Potencial redox, solos, *Ictalurus punctatus*, *Litopenaeus vanamei*.

Correspondência com o autor: e-mail: lehmann@brturbo.com.br

## Resumo

Pouco se conhece a respeito do comportamento do potencial redox em viveiros de cultivo e de sua relação com a produção. O uso deste recurso pode ser útil no manejo de viveiros para evitar a produção de substâncias reduzidas e potencialmente tóxicas. A dificuldade de se obter uma amostra que permita uma leitura do valor de redox dentro do horizonte desejado é um obstáculo à aquisição destes conhecimentos. Este trabalho propõe uma metodologia que utiliza um coletor de amostras voltado para as necessidades deste tipo de trabalho. O equipamento foi elaborado com materiais disponíveis, de fácil construção e passível de ser operado por uma única pessoa. O método permite a visualização da amostra para a introdução do eletrodo no horizonte desejado. O trabalho foi realizado em duas propriedades no estado de Santa Catarina sendo uma de cultivo de catfish e outra de camarões marinhos. Observou-se o comportamento do potencial redox por um período de 50 dias dentro de um ciclo de produção onde os viveiros foram amostrados em doze regiões. Verificou-se que o comportamento nos dois viveiros foi diferente e que o manejo diferenciado pode ter influência sobre o comportamento dos valores de redox. Os valores de redox no viveiro de catfish comportaram-se de maneira estável porém, negativa. Já no viveiro de camarões houve uma forte baixa nos valores tendendo a estabilização após o 20º dia de observação.

## 1.Introdução

A produção aquícola abriga, em seus viveiros, uma concentração de matéria orgânica muito maior do que aquela encontrada em ambientes naturais, que pode ser atribuída à maior concentração de animais, ao aporte de ração, adubação e acumulação de fezes (Abraham et al., 2004). A ração fornecida é, de fato, a maior fonte de matéria orgânica, haja vista que a média de retenção de nutrientes em peixes e camarões é de 13% para o carbono, 29% para o nitrogênio e 16% para o fósforo, assim, as condições do fundo do viveiro mudam com o tempo, devido ao alto consumo de oxigênio e ao desenvolvimento de condições reduzidas (Boyd, 1995; Peterson, 1999; Avnimelech e Ritvo, 2003).

Durante a engorda de animais aquáticos o acúmulo excessivo de nutrientes e resíduos no fundo do viveiro podem resultar em deterioração do sistema (Lemonnier et al., 2004), um potencial problema para o ambiente e para os próprios animais. Avnimelech (2004) afirma que a sustentabilidade de um viveiro se deve a sua capacidade de metabolizar a carga orgânica antes que atinja o ponto de deterioração, quando surgem os produtos reduzidos que podem afetar o desenvolvimento e crescimento de camarões e peixes. Em um viveiro com 10 a 100kg de biomassa por m<sup>2</sup>, o aporte de alimento varia de 200 a 3000g/m<sup>2</sup>/dia (Avnimelech et al., 1995). O fluxo de alimento ao viveiro é muito superior a capacidade fotossintética que segundo Wetzel é, no máximo, 10 g C/m<sup>2</sup>/dia (apud Avnimelech, 1995).

A degradação da matéria orgânica pode se dar por duas vias, aeróbia e anaeróbia. A via aeróbia usa o oxigênio como elemento oxidante, receptor de elétrons. Um exemplo da utilização do oxigênio para a degradação de elementos tóxicos é a oxidação da amônia e do nitrito por bactérias nitrificantes. Estas bactérias consomem o oxigênio e o gás carbônico e promovem uma rápida depleção do oxigênio (Abraham et al., 2004). A via anaeróbia, que pode se iniciar ainda na presença do oxigênio (Boyd, 1995), utiliza-se de outro receptor terminal de elétrons, para mediar a decomposição da matéria orgânica (Avnimelech e Ritvo, 2003). Esta via de decomposição produz substâncias reduzidas, potencialmente tóxicas, deletérias à saúde dos animais e conseqüentemente prejudiciais à produção.

Grandes mortalidades em peixes já foram atribuídas a substâncias geradas em condições anaeróbicas. Atualmente não existe um método para avaliar o grau de demanda de oxigênio no fundo de um viveiro (Avnimelech et al., 2004). O ácido sulfídrico, um dos possíveis produtos, pode causar mortalidades em peixes mesmo em concentrações baixas, semelhantes às aquelas frequentemente encontradas em ambientes naturais (Lahav et al., 2004). As reações de oxidação e redução dos derivados do enxofre são processos importantes para a qualidade da água (Suplee e Cotner, 1996).

Os produtos tóxicos originados de reações anaeróbicas geram estresse em camarões e levam estes animais a ter redução de sua vitalidade e perda da resistência a doenças (Chien, 1989; Ritvo et al. 1998; Lemonnier et al., 2004).

Estudos para avaliar a distribuição de camarões em viveiros, com o uso de armadilhas, indicaram que regiões com maior presença de material reduzido teve uma menor captura de animais com a ocorrência de mortes dentro destas armadilhas (Delgado et al., 2003).

O sedimento dos viveiros de criação tem a espessura proporcional ao tempo de uso. Viveiros com 21 anos de uso contínuo apresentam cerca de 95 cm de sedimento (Steeby et al., 2004). A camada mais superficial do sedimento abriga as reações de oxidação e redução, onde a concentração de nutrientes em um centímetro é dez ou mais vezes, superior a um metro de coluna de água (Avnimelech e Ritvo, 2003). Esta situação é propícia para um grande crescimento bacteriano (Abraham et al., 2004).

As reações de oxidação e redução ocorrem quando acontecem trocas de elétrons entre moléculas. As substâncias que estão recebendo elétrons são chamadas de oxidantes e estão se reduzindo. Já as substâncias que doam elétrons chamam-se redutoras que estão se oxidando. Estas reações geram uma carga elétrica no meio chamada de potencial redox, que indica a proporção entre substâncias oxidadas e reduzidas (Vinatea, 2004).

O potencial redox é determinado pela carga elétrica, em milivolts, que o meio apresenta. No fundo do viveiro, na interface solo água, em uma camada superficial com menos de um centímetro de espessura que, segundo Mortimer, (apud Boyd, 1995), ocorrem as reações de oxidação e redução. Solos aerados apresentam potenciais redox que variam de 400 a 700 mV, porém, solos com

sedimento em situação de anaerobiose apresentam valores bastante baixos de -250 a -300 mV (Chien, 1989).

As técnicas de produção animal levam a construção ou alteração de um ambiente, na intenção de se obter um desempenho zootécnico tão eficiente quanto possível. Nesta situação o uso de índices como oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade total são empregados rotineiramente na avaliação da qualidade da água. A influência das substâncias originadas do fundo do viveiro sobre a qualidade da água é conhecida, mas muito pouco se estudou a respeito, não a ponto de se elucidar a relação entre a qualidade do fundo e a produção em viveiros (Boyd, 1995). As reações de oxidação do fundo do viveiro geram alterações no potencial redox cujo conhecimento poderá trazer um novo enfoque nos processos que lá ocorrem, ajudando a melhorar o manejo nos viveiros de cultivo. Assim como avaliamos a acidez do solo estabelecendo a dose de carbonatos, é necessário um método para o controle de solos com baixo redox (Avnimelech, 2004). O potencial redox poderá se tornar um instrumento útil na elucidação da relação entre o fundo do viveiro e a produção. Pouco se conhece a respeito do potencial redox em viveiros de cultivo durante um ciclo de produção, as publicações que tratam deste assunto são escassas ou antigas, remontando a década de cinquenta. Boyd (1995) enumera problemas em se utilizar o potencial redox como indicador da condição do solo para manejo do viveiro. O autor afirma que a dificuldade de leitura na profundidade correta do solo e contaminação da amostra com oxigênio são obstáculos à sua utilização.

O presente trabalho buscou estabelecer uma metodologia para se conhecer os comportamentos do potencial redox durante um período de 50 dias, dentro de um ciclo de produção em um viveiro de piscicultura de água doce e de carcinicultura marinha.



## 2. Metodologia

Foram realizadas nove coletas em um período de 50 dias, compreendido entre 20 de julho e 10 de setembro de 2004, em duas propriedades na região norte do estado de Santa Catarina, localizadas nos municípios de Garuva e Barra do sul. As propriedades foram escolhidas por terem acompanhamento técnico, apresentarem manejo definido e por facilitar a logística do trabalho.

A fazenda Mina velha, de propriedade da empresa Bluefish de Blumenau, localizada no município de Garuva (26°02'21" S e 048°44'51" O), Santa Catarina, realiza todo o ciclo de produção do catfish americano, *Ictalurus punctatus* (Rafineske, 1818). A fazenda experimental Yakult de propriedade da Universidade Federal de Santa Catarina, produtora de camarão branco do pacífico, *Litopenaeus vanamei* (Farfante e Kensley, 1997), está localizada no município de Barra do Sul, litoral norte (26°32'26" S e 048°39'11" O).

O viveiro de água doce, da empresa Bluefish, com 6.200 m<sup>2</sup> de área (70 por 88 m), apresentava profundidades de 1 m a 1,6 m. Desde sua construção em 2000 o viveiro vem sendo utilizado em uma seqüência de cultivos, sem um intervalo seco. Foi povoado em dezembro de 2002 com 14.000 alevinos de aproximadamente 10 g para engorda. A alimentação dos animais era feita a lanço, com ração extrusada de baixa densidade, especialmente desenvolvida para esta espécie pela Nicoluzzi Rações, com 28% de proteína. Os animais desta espécie apresentam um desenvolvimento desuniforme, sendo indicada a biometria mensal para avaliação do peso médio. Com aproximadamente 5 meses em regime de engorda é indicado o procedimento de seleção de animais por peso e conseqüente despesca parcial.

O viveiro de água salgada, da Fazenda Experimental Yakult, com área de 4.111 m<sup>2</sup> (50 por 82 m), com profundidades variando de 0,8 a 1 m, foi inundado por volta do dia 20 de março sendo povoado em 6 de abril de 2004 com 1.500.000 pós-larvas recebendo, em média, 6% de seu peso vivo em ração peletizada com 35% de proteína, fornecida em bandejas duas vezes ao dia. A alimentação era regulada segundo o controle do tratador sobre o consumo nas bandejas.

## 2.1. Coleta de amostras

Os viveiros de onde foram obtidas as amostras foram divididos em 12 áreas. Cada uma destas áreas recebeu um número que também era atribuída a amostra. A coleta de amostras teve sua metodologia baseada nas informações de Meijer Avnemelech (1999), com a manutenção da integridade das camadas depositadas sobre o fundo do viveiro (Fig. 1). Com esta metodologia foi possível realizar a colocação do eletrodo na profundidade de sedimento desejada. A coleta foi feita sempre na mesma ordem seguindo um trajeto em forma de S (Boyd, 1995) (Fig. 2 e 3).

As coletas foram realizadas com o uso de caiaques. Na fazenda de cultivo de camarões foi utilizado um caiaque de trabalho, utilizado para alimentação, que é amplo com disponibilidade de espaço para a caixa de coletas e coletor. Na fazenda de catfish foi usado um caiaque esportivo com uma mesa removível adaptada, sobre a qual era colocada a caixa para amostras. Um suporte lateral foi criado para suportar o coletor de amostras. O uso do caiaque evitou o revolvimento do fundo do viveiro e conseqüentemente alteração do perfil do solo.

O coletor de amostras foi elaborado em tubos de PVC com diâmetro de uma polegada (Fig. 4), com 1,6 m de comprimento, profundidade máxima dos viveiros, com a extremidade superior em forma de “T” com a finalidade de facilitar o seu manejo. Na extremidade oposta foram instaladas uma válvula unidirecional, de uso na construção civil, e uma conexão em Y, junção de 45°, que porta em uma de suas extremidades um tubo em borracha na qual se encaixa o tubo de vidro para abrigar a amostra. Na outra extremidade do Y foi colocado um registro de esfera, para aliviar a pressão e permitir a retirada da amostra. O tubo que abriga a amostra foi elaborado em vidro com um diâmetro externo de 62 mm, parede de 2 mm e comprimento de 15 cm, as bordas foram queimadas para se obter maior resistência. Rolhas de borracha foram utilizadas para fechar a parte inferior do tubo no momento de retirá-lo do coletor para evitar a queda da amostra.

A coleta se iniciava com a fixação do tubo de vidro (Fig. 1) na extremidade do tubo de borracha. Com o registro fechado o coletor era introduzido verticalmente no viveiro até encontrar o fundo. Cerca de 2 kg de pressão eram exercidos para que a amostra se fixasse no coletor que em seguida era retirado. Fora da água colocava-se uma rolha de borracha na extremidade inferior do tubo de vidro, era

aberto o registro, retirada a amostra que, em seguida, era colocada em uma caixa de isopor com um suporte, de maneira a organizar a sequência para posterior leitura.

## 2.2. Análise das amostras

As leituras do potencial redox das amostras foram realizadas em um intervalo máximo de quinze minutos após as coletas. Para avaliação do potencial redox foi utilizado um medidor polarográfico modelo F1005, com uma sonda de eletrodo de pino modelo ORP897 (Instrutherm, São Paulo).

O tubo de vidro portando a amostra era colocado em uma superfície plana para ficar em repouso. O eletrodo era introduzido verticalmente na parte central do tubo até penetrar 8 mm do solo da amostra coletada. Esta profundidade foi estabelecida para se evitar a leitura de valores de redox fora do substrato, 8 mm é o comprimento do eletrodo. A leitura se realizava após cerca de 3 minutos quando o valor, em décimo de mV (0,1 mV), se estabiliza por no mínimo 10 segundos. Antes de cada amostra o eletrodo era lavado com água destilada até que, visualmente, os resíduos da amostra anterior fossem completamente removidos.

A metodologia permitiu a detecção, pelo odor, da presença de gás sulfídrico.

## 2.3. Análise estatística

A análise estatística foi feita comparando-se as médias entre os pontos de coleta e as médias de cada um dos dias pelo teste de t-student ao nível de 5% de significância. A descrição da curva que representa os valores de redox ao longo do tempo em ambas as fazendas, foi melhor representada por uma equação polinomial quadrática (Microsoft Excel).

### 3. Resultados

O coletor de amostras mostrou-se eficiente, com um manuseio fácil e bastante resistente. O equipamento obteve amostras do solo que mantiveram o perfil e evitou o contato com o ar. O tubo coletor em vidro permitiu a inserção do eletrodo no nível desejado e ainda uma avaliação visual da amostra.

Os valores obtidos a partir das amostras do viveiro de água doce, na fazenda Mina Velha, oscilaram entre -247 mV e 25 mV (Tab. 1), permanecendo as médias sempre negativas. Os valores de potencial redox não apresentaram nenhum tipo de regionalização, pela ausência de diferenças significativas entre as leituras de cada um dos pontos de coleta. As médias dos valores de redox entre os dias de coleta não apresentaram diferença significativa a nível de 5% de significância. Os valores obtidos no viveiro de catfish não puderam ser descritos por uma equação de segundo grau, apresentando um  $R^2$  não significante (Fig. 5).

Os valores de redox obtidos na fazenda Yakult (Tab. 2) oscilaram entre -24,3 e -272,5 mV. Os resultados não apresentaram diferença significativa entre as doze regiões amostradas, porém houve diferença entre as médias dos dias de coleta. Uma equação de segundo grau se ajustou aos dados, com um  $R^2$  de 0,96 ( $P < 0,01$ ).

Distribuindo-se as médias dos dados obtidos na fazenda Yakult, pelo tempo, em um gráfico (Fig. 6), nota-se que a média dos valores de potencial redox apresentam-se sempre negativos, com um intenso declínio até por volta do vigésimo dia de observação, quando a curva tende a uma estabilização.

#### 4. Discussão

O desempenho do coletor de amostras desenvolvido para este experimento supriu as necessidades para a qualidade da amostra, custos de construção e operacionalização. Sua construção levou em consideração equipamentos como o extrator de amostras de perfil de solo apresentado por Boyd (1995), o tubo coletor de amostras utilizado por Steeby et al. (2004) e o trabalho de Meijer e Avnimelech (1999).

A aplicação deste equipamento se presta na obtenção de amostras onde a integridade do horizonte do solo amostrado é necessária. Apresentou ainda a qualidade de permitir a visualização do material amostrado ainda não perturbado.

Os viveiros de cultivo estudados demonstraram um comportamento diferente entre si em relação ao potencial redox, mas com resultados semelhantes aos encontrados por Patrick e Mahapatra (Apud, Chien, 1989), com valores mínimos de até -300mv.

Os resultados obtidos no viveiro de catfish podem indicar uma estabilização no estado de degradação da matéria orgânica. Apesar de valores negativos, estes, parecem não comprometer a produção. Segundo Thunjai (comunicação pessoal) viveiros para a produção de tilápias, na Tailândia, com mais de 30 anos continuam produzindo sem problemas. O autor que em seu trabalho compara o estado de degradação da matéria orgânica em tanques de até 39 anos, relata que o comportamento da tilápia ao fazer seu ninho revolve o fundo ressuspende o material depositado, o que pode contribuir para a estabilidade da degradação da matéria orgânica. Apesar do viveiro estudado abrigar catfish eventos ligados ao manejo, como a passagem de redes, realizam a tarefa de revolver o fundo.

Por outro lado os resultados obtidos no viveiro de camarão marinho indicam uma queda nos valores de redox ao longo do período de observação (cinquenta dias) dentro do período de cultivo. Os valores de redox que iniciam positivos em alguns pontos, indicando um meio oxidado, evoluem para uma situação reduzida. Este comportamento dos valores de redox pode ser explicado pelo manejo aplicado a este viveiro antes de cada período de produção. A secagem e revolvimento do fundo do viveiro, entre dois períodos

de criação são benéficos para diminuir a concentração de matéria orgânica e melhorar as condições de aerobiose do solo do viveiro para os próximos lotes, além de diminuir a razão de liberação do fósforo presente no fosfato de ferro, que leva a um potencial redox mais baixo (Seo e Boyd, 2001). Ao iniciar novo ciclo de produção, o viveiro, já inundado, passou a receber material com potencial para se reduzir, sob a forma de matéria orgânica, originado da ração, fezes e restos de animais. Guo (*apud* Avnimelech e Ritvo, 2003) afirma que o sedimento em viveiros de camarão é altamente reduzido e a penetração do oxigênio a partir da água é muito lenta e, conseqüentemente ineficiente.

Apesar da curva, obtida com os dados do viveiro de camarões, apresentar uma tendência à estabilização a partir do 20º dia de observação, os valores médios de redox indicam a possibilidade de presença de varias substancias potencialmente tóxicas, como o ácido sulfídrico, identificado em várias amostras pelo seu odor característico. A constatação do cheiro de ácido sulfídrico, feita em ambos os viveiros, foi mais freqüente no viveiro de água salgada, fato justificado pela maior concentração de sulfatos, três vezes mais concentrado que os íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , com uma concentração média de 2700 mg/l (Avnimelech e Ritvo, 2003; Ritvo et al., 2004). O valor encontrado para  $R^2$  (0,96), na regressão feita com os dados obtidos em Yakult, pode indicar que pode ser possível prever os valores de redox.

O potencial redox, como sugere Chien (1989), pode ser um instrumento útil na aqüicultura. Observações de campo, citadas por Avnimelech (2003), relatam de inicio de doenças atribuídos à presença de solos reduzidos. O acúmulo de substancias tóxicas de origem anaeróbica do sedimento podem levar a um estresse e uma queda da imunidade (Avnimelech e Ritvo, 2003). A completa compreensão da ecologia que envolve os microorganismos do viveiro é necessária para a implementação de um manejo e da otimização da produção (Abraham et al, 2004). O conhecimento do perfil do potencial redox no sedimento pode auxiliar na elucidação de perguntas a respeito de bem estar e na alteração da imunidade de animais de hábito bentônico, se tornando um novo parâmetro.

## **5. Conclusões**

O coletor e a metodologia de coleta de sedimento utilizados mostraram-se eficientes.

Em viveiros de água doce com cultivo de catfish não houve alteração significativa nos valores de potencial redox ao longo do tempo ao contrario do que aconteceu no viveiro de água salgada em que o valor de redox tornou-se cada vez mais negativo.

Não houve diferença nos valores de redox entre os pontos amostrados, em cada um dos viveiros.

## **Agradecimentos**

Ao apoio da empresa Bernauer Aquacultura que cedeu os equipamentos necessários à realização do trabalho. A empresa Bluefish que permitiu a utilização de suas dependências aos seus colaboradores. A equipe da fazenda Experimental Yakult que sempre auxiliou na execução do experimento.

## 6. Referências bibliográficas

- Abraham, T. J., Ghosh S., Nagesh t.s., Sasmal D., 2004. Distribution of bacteria involved in nitrogen and sulfur cycles in shrimp culture systems of West Bengal, India. *Aquaculture* 239, 275 - 288.
- Vinatea, L. A., 2004. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Avnimelech, Y., Mozes, N., Diab, S., Kochba, M., 1995. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture* 134, 211 – 216.
- Avnimelech, Y. e Ritvo, G. , 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture* 220, 549 – 567.
- Avnimelech, Y, Ritvo, G., Kochva, M., 2004. Evaluating the active redox and organic fractions in pond bottom soils: EOM, easily oxidized material. *Aquaculture* 233, 283 – 292.
- Boyd, C. E. 1995. Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. Chapman and Hall, New York 348 pp
- Chien, Y.H., SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 3. 1989, João Pessoa. Anais do SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO. João Pessoa, V1, p. 219 – 243.
- Delgado, P.C., Avnimelech, Y., McNeil, R., Bratvold, D., Browdy, C. L., Sandifer, P., 2003. Physical, chemical and biological characteristics of distinctive regios in paddlewheel aerated shrimp ponds. *Aquaculture* 217, 235 – 248.



- Lahav, O., Ritvo, G., Slijper, I., Hearne, G., Cochva, M., 2004. The potential of using iron-oxide-rich soils for minimizing the detrimental effects of H<sub>2</sub>S in freshwater aquaculture systems. *Aquaculture* 238, 263 – 281.
- Lemonier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., Cochard, J. C., 2004. Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture* 240, 297 – 312.
- Meijer, L. E., Avnimelech, Y., 1999. on the use of micro-electrode in fish pond sediments. *Aquacultural Engineering* 21, 71 – 83.
- Peterson, E.L., 1999. Benthic shear stress and sediment condition. *Aquacultural Engineering* 21, 85 – 111.
- Ritvo, G., Samocha, T. M., Lawrence, A. L., Neill, W. H., 1998. Growth of *Penaeus vannamei* on soils from various farms, under laboratory conditions. *Aquaculture* 163, 101 – 110.
- Ritvo, G., Shitumbanuma, V., Dixon, J. B., 2004. Soil solution sulfide control by two iron-oxide minerals in a submerged microcosm. *Aquaculture* 239, 217 – 235.
- Seo, J., Boyd, C. E., 2001. Effects of bottom soil management practices on water quality improvement in channel catfish *Ictalurus punctatus* ponds. *Aquacultural Engineering* 25, 83 – 97.
- Steeby, J. A., Hargreaves, J. A., Tucker, C.S., Kingsbury, S., 2004. Accumulation, organic carbon and dry matter concentration of sediment in commercial channel catfish ponds. *Aquacultural Engineering* 30, 115 – 126.

Suplee, M. W., Cotner, J. B., 1996. Temporal changes in oxygen demand and bacterial sulfate reduction in inland shrimp ponds. *Aquaculture* 145, 141 – 158.

## 7. Figuras



Fig. 1 Tubos de vidro com amostras.(Foto do Autor)

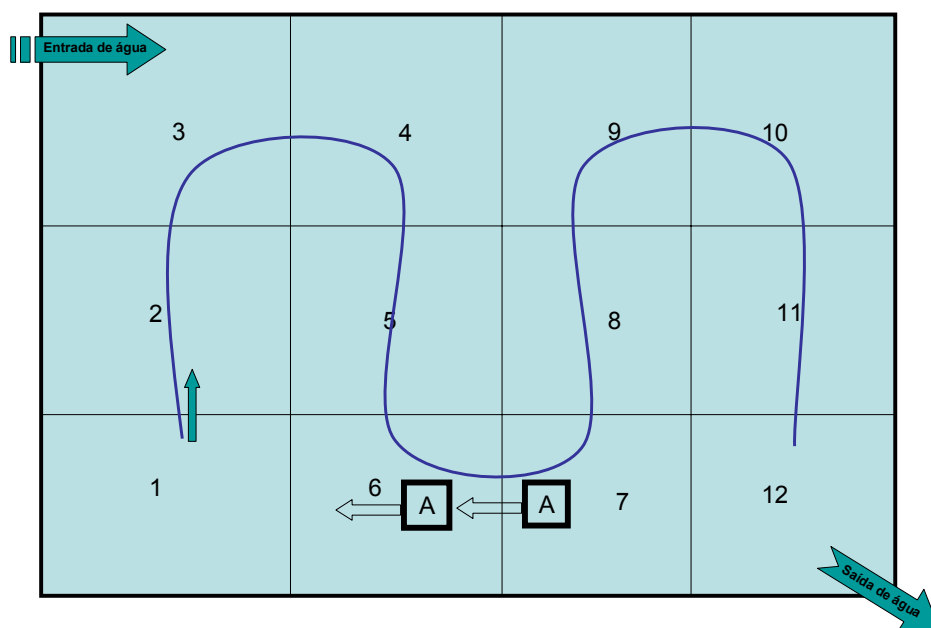


Fig. 2. Trajeto de coleta de amostras com as regiões, com a entrada e saída de água indicada por setas, os aeradores são representados por A com a seta para indicação da direção do fluxo (Fazenda Yakult, SC).

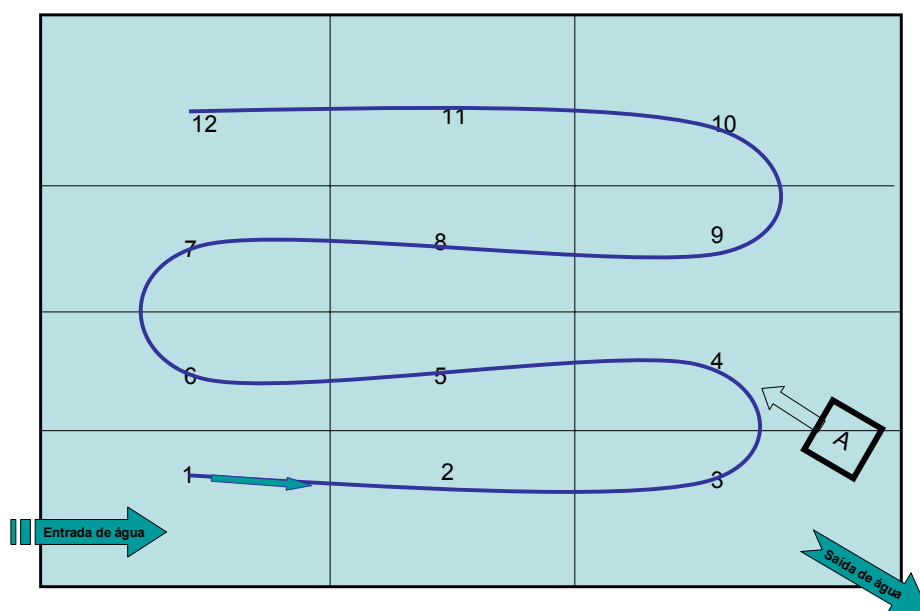


Fig. 3. Trajeto de coleta de amostras com as regiões, com a entrada e saída de água indicada por setas, os aeradores são representados por A com a seta para indicação da direção do fluxo (Fazenda Mina Velha, SC).

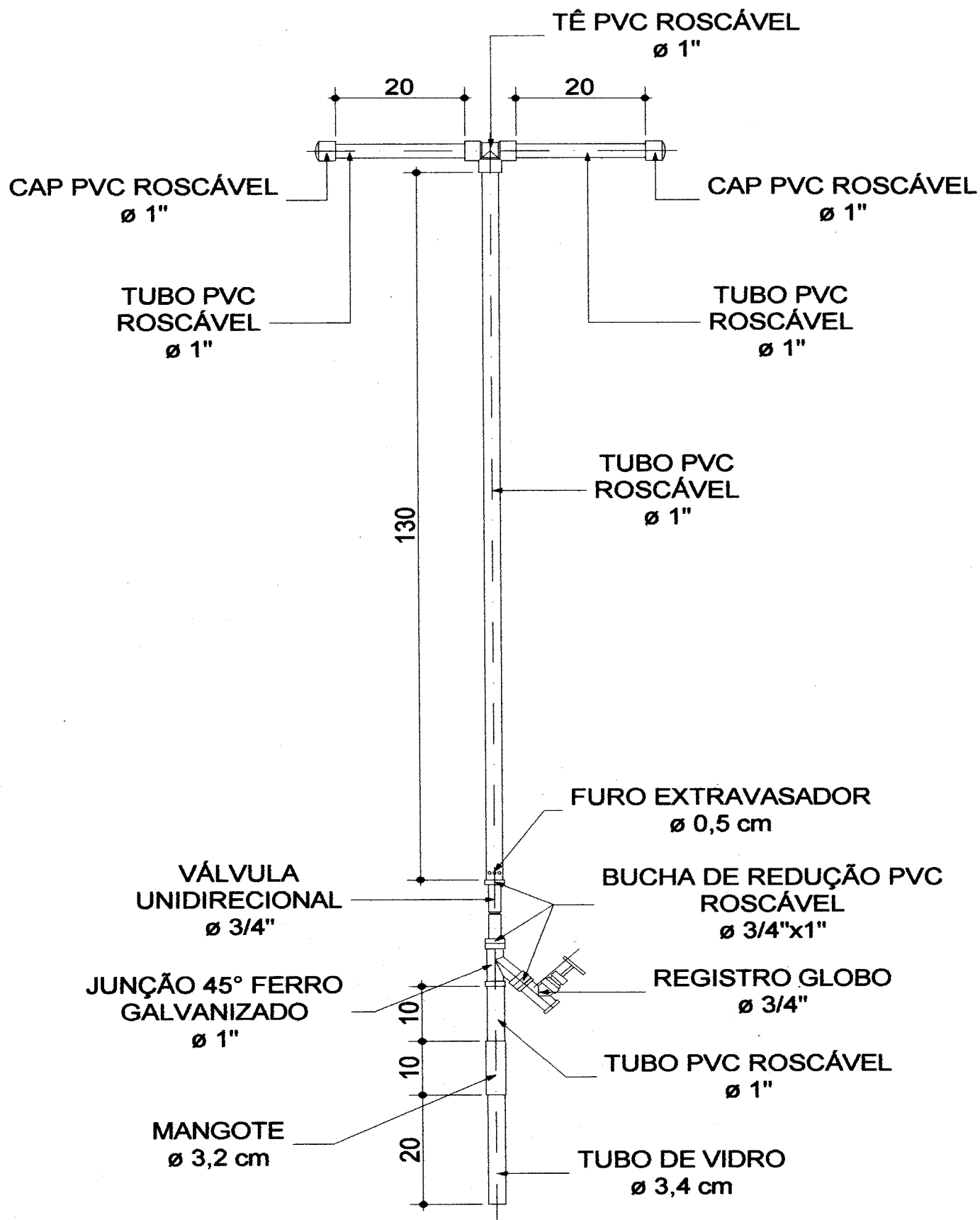


Fig. 4. Detalhes construtivos do extrator de amostras .

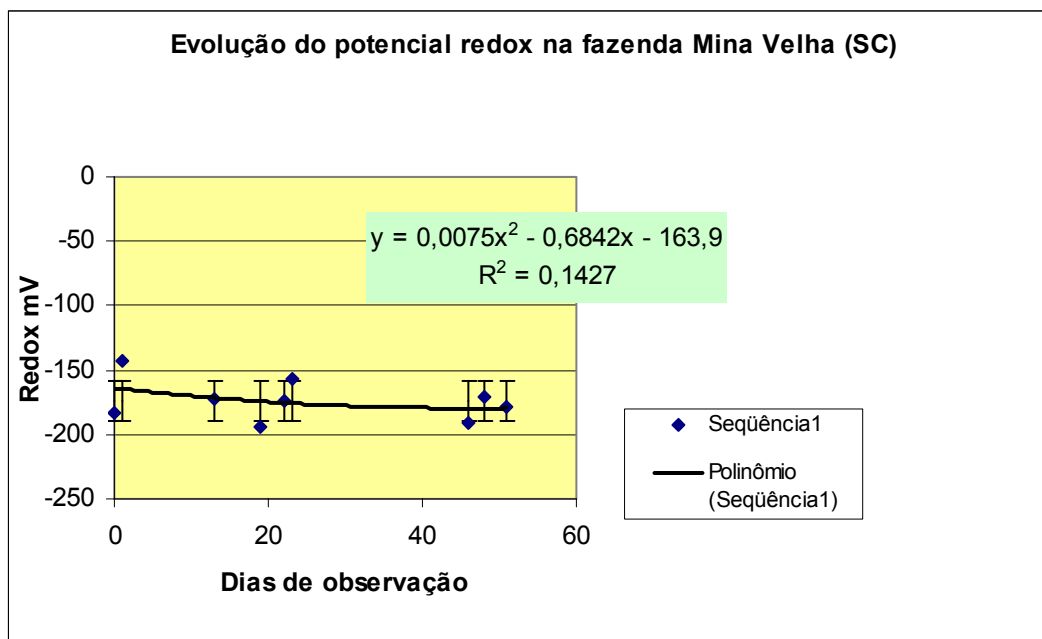


Fig. 5. Comportamento dos valores do potencial redox em um viveiro de cultivo de catfish (Fazenda Mina Velha, SC).

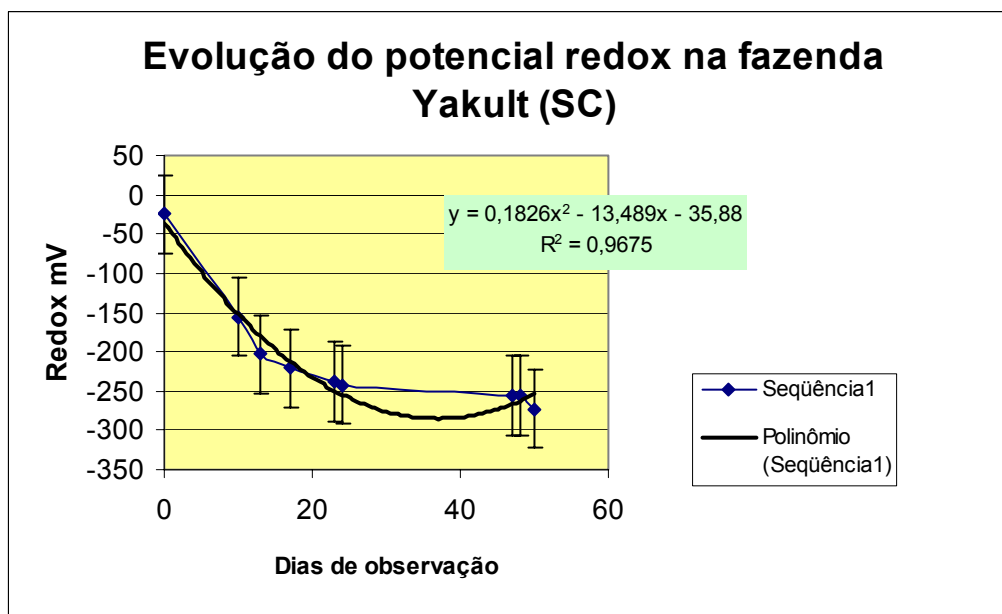


Fig. 6. Comportamento dos valores do potencial redox no cultivo de camarões (Fazenda Yakult, SC).

## 8. Tabelas

Tab. 1. Valores de potencial redox (mV) com médias e desvios padrão, obtidos na fazenda de criação de catfish.

	20/jul	21/jul	3/ago	9/ago	12/ago	13/ago	6/set	8/set	10/set	media	desvio p
1	-160	-152	-194	-216	-227	-192	-192	-52	-166	-173,13	55,01
2	-177	-104	-222	-160	-104	-175	-222	-206	-207	-171,25	47,17
3	-129	-66	-173	-172	-217	25	-185	-172	-188	-136,13	79,10
4	-133	-164	-184	-158	-217	-203	-150	-146	-159	-169,38	29,32
5	-110	-163	-14	-117	-171	-89	-170	-106	-163	-117,50	52,65
6	-190	-142	-196	-220	-181	-174	-166	-168	-176	-179,63	23,23
7	-214	-150	-191	-216	-202	-203	-186	-206	-136	-196,00	21,21
8	-202	-146	-177	-214	-87	-61	-215	-229	-204	-166,38	62,97
9	-231	-85	-208	-192	-83	-229	-200	-217	-111	-180,63	61,10
10	-247	-101	-70	-244	-167	-174	-188	-166	-202	-169,63	61,56
11		-206	-220	-190	-224	-203	-222	-216	-218	-211,57	12,41
12	-217	-233	-219	-221	-214	-209	-196	-172	-211	-210,13	18,66
Desvio p	44,98	48,27	64,15	35,87	54,14	75,87	22,20	51,35	32,72		
media	-182,73	-142,67	-172,33	-193,33	-174,50	-157,25	-191,00	-171,33	-178,42		

Os valores encontrados são estatisticamente iguais.

Tab. 2. Valores do potencial redox (mV) com médias e desvios padrão obtidos fazenda de camarões marinhos.

	20/jul	30/jul	2/ago	6/ago	12/ago	13/ago	6/set	8/set	10/set	media	desvio p
1	45	-111	-217	-213	-241	-264	-241	-217	-285	-193,78	101,87
2	-7	-193	-131	-196	-227	-243	-292	-265	-316	-207,78	93,71
3	-70	-175	-192	-213	-185	-235	-260	-89	-246	-185,00	66,35
4	2	-107	-206	-201	-260	-242	-258	-255	-247	-197,11	89,01
5	-27	-165	-215	-236	-318	-254	-276	-306	-274	-230,11	89,33
6	37	-224	-107	-247	-185	-239	-247	-280	-249	-193,44	99,98
7	-51	-123	-212	-261	-216	-260	-261	-252	-273	-212,11	76,06
8	-94	-164	-280	-213	-212	-235	-248	-255	-251	-216,89	56,83
9	34	-98	-218	-227	-307	-216	-286	-282	-276	-208,44	110,21
10	-59	-75	-259	-265	-248	-252	-162	-290	-293	-211,44	90,30
11	-32	-205	-169	-166	-245	-254	-277	-296	-288	-214,67	51,33
12	-70	-228	-233	-216	-210	-212	-259	-285		-214,13	61,83
desvio p	46,68	51,81	48,89	28,19	42,09	16,18	33,43	57,89	22,56		
Media	-24,33	-155,67	-203,25	-221,17	-237,83	-242,17	-255,58	-256,00	-272,55		

## Referências Bibliográficas da Introdução

ABRAHAM, T. J., GHOSH S., NAGESH t.s., SASMAL D., 2004. Distribution of bacteria involved in nitrogen and sulfur cycles in shrimp culture systems of West Bengal, India. *Aquaculture* 239, 275 - 288.

AVNIMELECH, Y. e RITVO, G., 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture* 220, 549 – 567.

AVNIMELECH, Y, RITVO, G., KOCHVA, M., 2004. Evaluating the active redox and organic fractions in pond bottom soils: EOM, easily oxidized material. *Aquaculture* 233, 283 – 292.

BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A. BORGHETTI, J.R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 128p. 2003.

BOYD, C.E. **Water quality in ponds aquaculture**.Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, 1990. 442p.

BOYD, C. E. 1995. **Bottom soils, sediment, and pond aquaculture**. Chapman and Hall, New York 348 pp

BOYD, C.E. e TUCKER C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer Academic Publishers. Norwell, MA, 1998. 700p

BOYD, C.E. **Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo de camarão marinho**. Recife, PE: Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC. 2001. 157p.

CHIEN, Y.H., SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 3. 1989, João Pessoa. Anais do SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO. João Pessoa, V1, p. 219 – 243.

GARCIA, A. e BRUNE, D.E.. Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. Aquac.Eng. v.10, p269-279, 1996.

LEMONIER,H., BERNARD, E., BOGLIO, E., GOARANT, C., COCHARD, J. C., 2004. Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. Aquaculture 240, 297 – 312.

RITVO, G., SAMOCHA, T. M., LAWRENCE, A. L., NEILL, W. H.,1998. Growth of *Penaeus vannamei* on soils from various farms, under laboratory conditions. Aquaculture 163, 101 – 110.



## 9. Aquaculture Engineering

### Guide for Authors

#### Types of contribution

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short communications

*Original research papers* should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

*Review Articles* can cover either narrow disciplinary subjects or broad issues requiring interdisciplinary discussion. They should provide objective critical evaluation of a defined subject. Reviews should not consist solely of a summary of published data. Evaluation of the quality of existing data, the status of knowledge, and the research required to advance knowledge of the subject are essential.

*Short Communications* are used to communicate results which represent a major breakthrough or startling new discovery and which should therefore be published quickly. They should *not* be used for preliminary research. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

#### Submission of manuscripts

Submission of an article is understood to imply that the article is original and unpublished and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Upon acceptance of an article by the journal, the author(s) will be asked to transfer the copyright of the article to the publisher. This transfer will ensure the widest possible dissemination of information.

Papers for consideration should be submitted in triplicate directly to the Editor:

J. Colt  
National Marine Fisheries Service  
Northwest Fisheries Science Center  
2725 Montlake Blvd East  
Seattle, WA 98112  
USA  
Fax: +1 206 860-3267  
E-mail: [john.colt@noaa.gov](mailto:john.colt@noaa.gov)

Papers for consideration for Europe, Africa, Australasia and Asia should be submitted in triplicate directly to the Editor:

J.van Rijn  
Department of Animal Science  
Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences  
The Hebrew University of Jerusalem  
P.O. Box 12  
Rehovot, 76100 Israel  
Fax: +972 8 946 5763  
E-mail: [vanrijn@agri.huji.ac.il](mailto:vanrijn@agri.huji.ac.il)

### **Electronic manuscripts**

Authors can also upload their article as a LaTeX, Microsoft? (MS) Word?, WordPerfect?, PostScript or Adobe? Acrobat? PDF document via the ?Author Gateway? page of this journal (<http://authors.elsevier.com/journal/aquaeng>), where you will also find a detailed description on its use. The system generates an Adobe Acrobat PDF version of the article which is used for the reviewing process. It is crucial that all graphical and tabular elements be placed within the text, so that the file is suitable for reviewing. Authors,

Reviewers and Editors send and receive all correspondence by e-mail and no paper correspondence is necessary. Note: compuscripts submitted are converted into PDF for the review process but may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an ?editable? file format is necessary. See the section on ?Electronic format requirements for accepted articles? and the further general instructions on how to prepare your article below.

### **Preparation of manuscripts**

1. Manuscripts should be written in English. To avoid delays in publication, authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission.
2. Submit the original and two copies of your manuscript. Enclose the original illustrations and two sets of photocopies (three prints of any photographs).
3. Manuscripts should be typewritten, typed on one side of the paper (if possible with numbered lines), with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered in the upper right-hand corner. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Underline words that should be in italics, and do not underline any other words. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.
4. Manuscripts in general should be organized in the following order:  
 Title (should be clear, descriptive and concise)  
 Name(s) of author(s)  
 Complete postal address(es) of affiliations  
 Full telephone and fax number and E-mail address of the corresponding author

Present address(es) of author(s) if applicable

Abstract

Keywords (indexing terms), normally 3-6 items

Introduction

Material studied, area descriptions, methods, techniques

Results

Discussion

Conclusion

Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.

References

Tables

Figure captions

5. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text. They should be typed on a separate line, without indentation. Use lower-case letter type.

6. SI units should be used.

7. If a special instruction to the copy editor or typesetter is written on the copy it should be encircled. The typesetter will then know that the enclosed matter is not to be set in type. When a typewritten character may have more than one meaning (e.g. the lower case letter l may be confused with the numeral 1), a note should be inserted in a circle in the margin to make the meaning clear to the typesetter. If Greek letters or uncommon symbols are used in the manuscript, they should be written very clearly, and if necessary a note such as a "Greek lower-case chi" should be put in the margin and encircled.

8. Elsevier reserves the privilege of returning to the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

**Authors in Japan please note:** Upon request, Elsevier Science Japan will provide authors with a list of people who can check and improve the English of their paper (*before submission*). Please contact our Tokyo office: Elsevier Science Japan, 9-15, Higashi-Azabu 1-chome, Minato-ku, Tokyo 106-0044; Japan; Tel: (+81) 3-5561-5032; Fax: (+81) 3-5561-5045; E-mail: info@elsevier.co.jp.

## **Abstracts**

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words. It should provide a very brief introduction to the problem and a statement about the methods used in the study. This should generally be followed by a brief summary of results, including numerical data (means and standard errors, for example). The abstract should end with an indication of the significance of the results.

## **Tables**

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.
2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.
3. Drawn tables, from which prints need to be made, should not be folded.
4. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.
5. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.
6. Each table should have a brief and self-explanatory title.
7. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurements should be added between parentheses.
8. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some

extra space between the columns instead.

9. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

## **Illustrations**

1. All illustrations (line drawings and photographs) should be submitted separately, unmounted and not folded.
2. Illustrations should be numbered according to their sequence in the text. References should be made in the text to each illustration.
3. Each illustration should be identified on the reverse side (or in the case of line drawings on the lower front side) by its number and the name of the author. An indication of the top of the illustrations is required in photographs of profiles, thin sections, and other cases where doubt can arise.
4. Illustrations should be designed with the format of the page of the journal in mind. Illustrations should be of such a size as to allow a reduction of 50%.
5. Lettering should be clear and large enough to allow a reduction of 50% without becoming illegible. The lettering should be in English. Use the same kind of lettering throughout and follow the style of the journal.
6. If a scale should be given, use bar scales on all illustrations instead of numerical scales that must be changed with reduction.
7. Each illustration should have a caption. The captions to all illustrations should be typed on a separate sheet of the manuscript.
8. Explanations should be given in the typewritten legend. Drawn text in the illustrations should be kept to a minimum.
9. Photographs are only acceptable if they have good contrast and intensity. Sharp and glossy copies are required. Reproductions of photographs already printed cannot be accepted.
10. Colour illustrations cannot usually be included, unless the cost of their reproduction is paid for by the author.

## **Colour illustrations**

Submit colour illustrations as original photographs, high-quality computer prints or transparencies, close to the size expected in publication, or as 35 mm slides. Polaroid colour prints are not suitable. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version.

For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://authors.elsevier.com/artwork>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting colour figures to grey scale (for the printed version should you opt to not pay for colour in print) please submit in addition usable black and white prints corresponding to all the colour illustrations.

As only one figure caption may be used for both colour and black and white versions of figures, please ensure that the figure captions are meaningful for both versions, if applicable.

## **References**

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed if necessary by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1988) has shown that..." "This is

in agreement with results obtained later (Kramer, 1989, pp. 12-16)".

3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "*et al.*". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.

4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on author's names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1994a, 1994b, etc.

5. Use the following system for arranging your references:

*a. For periodicals*

Hopkins, J.S., Sandifer, P.A., Browdy, C.L., 1994. Sludge management in intensive pond culture of shrimp: effect of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction, and shrimp production. *Aquacult. Eng.* 13, 11-30.

*b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical*

Benzie, J.A.H., Ballment, E., Frusher, S., 1993. Genetic structure of *Penaeus monodon* in Australia: concordant results from mt DNA and allozymes. In: Gall, G.A.E., Chen, H. (Eds.), *Genetics in Aquaculture IV. Proceedings of the Fourth International Symposium*, 29 April-3 May 1991, Wuhan, China. *Aquaculture* 111, 89-93.

*c. For books*

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

*d. For multi-author books*

Liao, I.-C., 1992. Marine prawn culture industry of Taiwan. In: Fast,



A.W., Lester, L.J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 653-75.

6. Abbreviate the titles of periodicals mentioned in the list of references according to the *International List of Periodical Title Word Abbreviations*.

7. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

8. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

9. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

### **Formulae**

1. Formulae should be typewritten, if possible. Leave ample space around the formulae.

2. Subscripts and superscripts should be clear.

3. Greek letters and other non-Latin or handwritten symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero(0) and the letter O, and between one (1) and the letter l.

4. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.

5. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.

6. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

7. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.

8. Levels of statistical significance which can be mentioned without

further explanation are  $*P<0.05$ ,  $**P<0.01$  and  $***P<0.001$ .

9. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g.  $\text{Ca}^{2+}$  not as  $\text{Ca}^{++}$ .

10. Isotope numbers should precede the symbols, e.g.  $^{18}\text{O}$ .

11. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

### Footnotes

1. Footnotes should only be used if absolutely essential. In most cases it should be possible to incorporate the information in normal text.

2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

### Nomenclature

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

4. For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official

recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

### **Copyright**

1. An author, when quoting from someone else's work or when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.
2. Although in general an author may quote from other published works, he should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates, or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should also be sought.
3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.
4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

### **Proofs**

One set of proofs will be sent to the corresponding author as given on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected; no changes in, or additions to, the edited manuscript will be allowed.

### **Offprints**

1. Twenty-five offprints will be supplied free of charge.
2. Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs.
3. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

### **Author Services**

Authors can also keep a track on the progress of their accepted article, and set up e-mail alerts informing them of changes to their

manuscript's status, by using the "Track a Paper" feature of Elsevier's Author Gateway.

***Aquacultural Engineering* has no page charges.**